

定范围内分布的主观评价量,回归成某种连续的曲线,在求烦恼概率时又把评价等级中“闹”、“很闹”和“不可容忍”都视为吵闹来处理,因而丢失了许多信息。最后心理物理学又统一取 50% 的烦恼率对应的声级作为阈值的分野,也表现得过于简单。因为回归后的曲线如果是利用了所有的烦恼率的信息,得到的一般是 S 形的逻辑斯谛曲线,而且这些曲线基本上不是对称的比耳曲线,而是不对称的龚伯茨曲线。其拐点不可能处在烦恼率为 50% 的曲线上,而拐点处显然是阈限值之所在。因此,建议用本文建立的方法来确

定区域环境噪声主观评价中的烦恼度阈值。

此外,主观评价的调查结果对于给出合理的阈值起着举足轻重的作用,因此必须进行显著性检验。对于按等级分配的离散型的计数数据,Ridit 检验是一种适宜的方法,在主观评价中可以得到较好的应用。

### 参 考 文 献

- [1] 王家柱等,华东师范大学学报(自然科学版),1,105,(1983).
- [2] 汪培庄,模糊集合论及其应用,上海科学技术出版社,1983年.
- [3] 庄世坚,环境科学丛刊,7(1),51—55,(1986).

## 汞与硒在植物体内的相互作用

杜式华 于志浩\*

(南开大学环境科学系)

硒(Se)是生物所必需的一种微量元素。许多试验表明,硒在一定程度上可以保护动物免受或少受汞(Hg)的危害。Parizek 和 Ostadolova<sup>[1]</sup>曾报道,亚硒酸钠可以非常有效地降低汞对老鼠的毒害作用。Koeman 等<sup>[2]</sup>用海洋哺乳动物,Ohl 等<sup>[3]</sup>用金枪鱼所做的试验结果,也都说明硒对汞毒性的限制作用。目前,人们正致力于研究这种颉颃作用的机理。

以植物为材料所做的汞和硒颉颃性试验还不多见。Geirid Fiskesjo<sup>[4]</sup>曾用洋葱进行试验,观察根的生长及细胞的有丝分裂过程。结果表明,亚硒酸钠对于甲基汞的毒性无任何颉颃作用。

本试验探讨了植物体内无机汞( $HgCl_2$ )和硒( $Na_2SeO_3$ )的相互作用,观察了小麦和玉米的发芽率和根苗生长;测定了过氧化氢酶活性的变化。这种酶的活性能被汞抑制

(Sohler 等<sup>[5]</sup>)。我们认为,对于观察硒的解毒作用,这是一个较为灵敏的指标。

### 材 料 和 方 法

#### 1. 植物材料

选用禾本科植物玉米(品种“E<sub>28</sub>×M<sub>0</sub>17”)和春小麦(品种“津春5号”)为试验材料。每处理各用种子 200 粒,置垫有两层滤纸的培养皿中,在 25℃ 温箱内进行培养。为保持水分,隔日向培养皿内添加一次适量的各该溶液(见试验处理)。第七天调查发芽率,然后任取 30 株幼苗测定根长和苗高,再各取 0.5g 幼苗测定过氧化氢酶活性及地上部分组织汞含量。

#### 2. 试验处理设置

在进行两种元素的复合试验之前,我们

\* 为该校化学系 1985 届毕业生。

分别用不同浓度的 Hg 和 Se 进行了多次单因子预备试验。结果表明,当汞浓度  $\geq 50\text{ppm}$ , Se 浓度  $\geq 15\text{ppm}$  时,对所测之各项指标有抑制作用。因而,我们最后选用 Hg50ppm、100ppm 和 Se15ppm、30ppm 作为双因子试验的浓度,观察 Se 对 Hg 的解毒作用。试验共设置汞单因子 (50, 100ppm) 及汞加硒双因子 (50ppmHg + 15ppmSe, 50ppmHg + 30ppmSe, 100ppmHg + 15ppmSe, 100ppmHg + 30ppmSe) 处理 6 个,另设一个只用蒸馏水的对照。

3. 过氧化氢酶的测定

取 0.5g 幼苗,放研钵中加 30ml 蒸馏水研磨。过滤后取 10ml 浸提液,加入到装有 10ml 蒸馏水的三角瓶中。摇匀后加入 10ml 新配制的 0.3%  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,充分混合,静置 30min,然后加入 5ml 10%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,以终止酶反应。最后用 0.1molKMnO<sub>4</sub> 滴定过量之  $\text{H}_2\text{O}_2$ 。用对照与各处理所消耗之 KMnO<sub>4</sub> 量之差,表示该处理过氧化氢酶之活性,数值越高,酶活性也越高,单位为 ml(KMnO<sub>4</sub>)/g (植物),详见 H. Aebi 的方法<sup>[6]</sup>。

4. 植物组织汞含量的测定

取植物组织样品 0.5g,剪碎,放入三角

瓶,加浓  $\text{HNO}_3$ 、浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$  各 10ml,在 140℃ 砂浴上加热消化。消化后加 10ml10%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,最后定溶至 100ml,以 20%  $\text{SnCl}_2$  为还原剂,用 590 型测汞仪测定总汞含量。

结果与分析

1. 汞和硒相互作用对发芽率的影响

从试验结果看, Hg(50, 100ppm, 以下同)可抑制玉米和小麦的发芽率, 15ppmSe 对 Hg 有解毒作用。15ppmSe + 50ppmHg 与 50ppmHg 的单独作用相比,可提高发芽率 8.0% (玉米)和 1.8% (小麦), 15ppmSe + 100ppmHg 比 100ppmHg 可提高发芽率 11.5% (玉米)和 3.4% (小麦)。30ppm Se 对 Hg 无解毒作用(见表 1)。

但统计处理的结果表明,无论 Hg 对发芽率的抑制作用,以及 Se 对 Hg 的解毒作用都不显著,如表 2 所示。如果增加 Hg 和 Se 的浓度以及试验重复的次数,二者之间的颌颌作用或许会表现得更为明显。但在实际环境中, Hg 的污染是很难达如此高水平的,因而可认为,在通常情况下, Hg 和 Se 对玉米、小麦发芽率无影响,二者也即无相互作用可言。

表 1 汞和硒相互作用对发芽率的影响(%)

发芽率 处理组	作 物	玉 米	小 麦
对 照(6)*		88.2±11.3**	91.1±3.2
Hg50ppm(4)		87.0±5.0	88.2±2.4
Hg100ppm(5)		86.5±7.4	87.6±3.9
Se15ppm(1)		89.0	88.0
Se30ppm(2)		85.0±2.8	89.5±5.0
Se15ppm + Hg50ppm(1)		95.0	90.0
Se30ppm + Hg50ppm(2)		85.5±2.1	87.0±1.4
Se15ppm + Hg100ppm(1)		98.0	91.0
Se30ppm + Hg100ppm(2)		80.0±5.7	85.5±2.1

\* 为试验重复次数; \*\* 为标准差,以下各表同。

表 2 Hg 对发芽率的毒性效应及 Se 解毒作用的显著性分析

比 较 对 象	df	玉 米		小 麦	
		t 值	P	t 值	P
Hg50ppm/对照	8	0.1190	>0.5	1.5356	>0.1
Hg100ppm/对照	9	0.2876	>0.5	1.6382	>0.1
Se15ppm + Hg50ppm/Hg50ppm	3	1.4311	>0.2	0.6708	>0.50
Se15ppm + Hg100ppm/Hg100ppm	4	1.4193	>0.2	0.7958	>0.40

表 3 对根长及苗高的影响

处 理 组	作 物		玉 米				小 麦			
	指 标	根 长 (cm)		苗 高 (cm)		根 长 (cm)		苗 高 (cm)		
		长	抑制率 (%)	高	抑制率 (%)	长	抑制率 (%)	高	抑制率 (%)	
对 照 (6)	6.07±1.59	0	5.43±0.66	0	8.35±1.26	0	9.82±1.31	0		
Hg50ppm(4)	3.59±0.85	41	4.24±0.37	22	5.68±0.56	32	8.74±0.41	11		
Hg100ppm(5)	1.89±0.57	74	3.79±0.75	30	2.53±0.29	70	6.89±2.08	30		
Se15ppm(1)	4.24	39	3.29	39	7.99	4	5.99	39		
Se30ppm(2)	3.29±0.74	46	3.35±0.31	38	4.56±1.05	45	4.74±0.79	52		
Se15ppm + Hg50ppm(1)	2.24	63	3.64	33	3.91	53*	6.38	35		
Se30ppm + Hg50ppm(2)	1.64±0.87	74	3.00±0.83	45	3.67±1.36	56	5.40±3.05	45		
Se15ppm + Hg100ppm(1)	1.36	76	3.32	39	2.94	56	5.17	47		
Se30ppm + Hg100ppm(2)	0.96±0.32	84	2.89±0.33	47	2.56±0.08	69	4.61±1.51	53		

\* 表现为致敏效应 (Sensibilization)

## 2. 汞和硒相互作用对幼苗及根系生长的影响

Hg 对玉米、小麦幼苗和根系的生长有明显抑制作用,且浓度越高,抑制作用越强,二者之间有非常明显的负相关性。我们用 0、1、10、50 和 100ppmHg 进行试验的结果表明,处理浓度与玉米和小麦根长之间的相关系数分别为 -0.996 和 -0.998,与苗高的相关系数分别为 -0.900 和 -0.940。加入 Se 之后,这种抑制作用有增强的趋势 (Se 对 100ppmHg 抑制小麦根长的作用除外,表 3 中有 \* 号者),其中以 30ppmSe 的作用更为明显(见表 3)。

从表 3 结果可以判断,Se 虽然可以增强 Hg 的毒性,但复合因子的作用(抑制率)小于两个单独因子作用之和,因而 Se 对 Hg 是一

种协同 (synergistic) 而不是加成 (additive) 作用。

## 3. 对过氧化氢酶活性的影响

由于 Hg 与 -SH 基有较强的结合能力,许多含有 -SH 的蛋白质和酶的活性可被 Hg 抑制,蛋白质的 -SH 基被认为是 Hg 结合的靶部位<sup>[7]</sup>。本试验以普遍存在于动植物细胞过氧化物酶体中的过氧化氢酶活性为指标,用酶活性较强的 C<sub>3</sub> 植物小麦对 Hg-Se 之间的相互作用进行了研究。结果表明,受 Hg 单独作用时,过氧化氢酶活性可受到抑制。50ppm 与 100ppmHg 对酶活性的抑制率分别为 32% 和 38%。加入 Se 之后,可降低这种抑制作用(见表 4)。

表 4 的资料还表明,Se 对 Hg 毒性的缓解作用,与 Se 的浓度有关。15ppmSe 的恢复

表 4 对过氧化氢酶活性的影响

处 理	酶 活 性	Se 的恢 复率* (%)
对 照 (6) (A)	37.48±3.99	—
Hg50ppm(+) (B)	25.30±3.98	—
Hg100ppm(5) (B)	23.32±7.64	—
Se15ppm(1)	24.18	—
Se30ppm(3)	23.76±6.10	—
Se15ppm + Hg50ppm(1)(C)	35.70	85
Se30ppm + Hg50ppm(2)(C)	27.12±3.05	15
Se15ppm + Hg100ppm(1)(C)	35.58	87
Se30ppm + Hg100ppm(2)(C)	25.80±1.70	18

\* 恢复率 =  $\frac{C - B}{A - B} \times 100$

作用较显著,与 50ppm、100ppmHg 单独作用时相比,酶活性分别提高 85% 和 87%,接近对照水平。

4. 对植物吸汞作用的影响

植物对汞的吸收量与环境中的汞的浓度有关。Du 等<sup>[9]</sup>用元素态蒸汽汞所做的试验结果表明,大气中汞浓度越高,植物对汞的吸收量也越大。我们用 HgCl<sub>2</sub> 溶液所做的试验也得出了一致的结果,植物幼苗内的含汞量

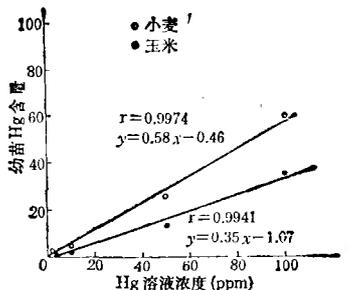


图 1 幼苗含 Hg 量与 Hg 溶液浓度之相关性

随溶液浓度的升高而升高,且在 Hg 浓度为 0—100ppm 范围之内时,二者有非常明显的线性关系,如图 1 所示。图中直线系由最小二乘法计算得出。

溶液中加入 Se 之后,植物吸汞力显著降低,其中 15ppmSe 对吸汞的抑制率要高于 30ppmSe (见表 5)。此结果表明,Se 可以抑制植物对汞的吸收,Se 对 Hg 的生理颞颞作用可能是由这种抑制能力而产生的。Stoew-sand 等人<sup>[9]</sup>用鹌鹑所做的试验结果则表明,Se 不能抑制动物对 Hg 的吸收作用,但可以与动物体内的汞结合而降低其毒性。

表 5 对吸汞量的影响

处 理	作 物		小 麦	
	吸 汞 量		吸 汞 量 (ppm)	Se 抑制率 (%)
对 照 (6)	0.0655±0.0625		0.2338±0.3196	
Hg50ppm(4)	13.9575±3.5442		25.9684±7.1754	
Hg100ppm(5)	35.2772±25.3646		59.3235±36.3999	
Se15ppm + Hg50ppm(1)	5.0974	63	18.1676	30
Se30ppm + Hg50ppm(2)	12.7857±6.2118	8	16.8584±12.4892	35
Se15ppm + Hg100ppm(1)	21.4510	39	20.7114	65
Se30ppm + Hg100ppm(1)	31.6130	10	40.2690	32

小 结

1. 50—100ppm Hg 对玉米和小麦发芽率的抑制效应不显著。Se 对 Hg 也无显著颞颞作用。

2. Hg 可以抑制玉米和小麦幼苗及根的生长。在此试验中,Se 对 Hg 无颞颞作用,而是使 Hg 的抑制作用有所增强,有明显协同效应。

(下转第 77 页)

系数为 0.732。这一结果同 Cawley 报道的美国部分地区降水中氡的半衰期基本接近<sup>[6]</sup>，但稍短。对此结果还需进一步验证。

### 三、结 论

1. 对兰州 1981 年 1 月—1985 年 5 月降水中氡含量进行测定的结果表明，每次降水中氡含量与降水成因密切相关。兰州降水中氡含量明显高于沿海地区和纬度较低的南方地区，这主要由兰州所处特殊地理位置决定。

2. 兰州降水中氡含量以冬末初春高，夏秋偏低。这与通常报道的春夏高，秋冬低的规律有差异，这同兰州所处地理位置及其特殊降水规律有关。

3. 由兰州 1982 年 10 月至 1986 年 4 月

月降水量及氡含量求得兰州降水中氡的半衰期约为  $82.3 \pm 3$  个月，相关系数为 0.732。这一结果与 Cawley 报道的美国部分地区降水中氡的半衰期基本接近，但稍短。

致谢：本所徐碧蓉、火俊兰、亢风琴、兰州市气象台苏英贤等同志对本工作给予协助，特此致谢。

### 参 考 文 献

- [1] 高平印, 核电子学与探测技术, **4**(2) 109—112 (1984).
- [2] 林瑞芬等, 科学通报, **10**, 467—470(1980).
- [3] Schriber, G. et al. *Isotopes and Impurities in Snow and Ice*. IAHS Publ. **118**:182—187(1977).
- [4] 王 平, 科学通报 **3**, 166—169(1983).
- [5] 陈以健, 国外地质 (9), 8—13(1979).
- [6] Cawley, C. N., *Health Physics*, **47**(2), 293—296(1984).

### • 环境信息 •

## 快速检测水和固体样品中的甲醛

美国俄亥俄州哥伦布市的 Battelle 实验室为美国环保局开发出甲醛快速检测方法。该方法使用 2,4-二硝基苯肼同甲醛发生反应, 然后进行检测。测定步骤是, 反应 30 分钟后进行萃取和浓缩供色谱仪

分析。测定可达到 ppb 水平。据该实验室的 Merlin Bicking 说, 这种方法灵敏, 足以消除干扰。

仲民摘译自 *Environ. Sci. Technol.*, **21**(7), 617 (1987).

(上接第46页)

3. Hg 可抑制小麦幼苗过氧化氢酶活性, Se 对 Hg 有明显颉颃作用。其中以 15ppm Se 对小麦酶活性的保护作用较明显。

4. Se 可抑制玉米和小麦幼苗对汞的吸收。这可能是 Se-Hg 生理颉颃作用的机理之一。

5. Hg 与 Se 之间的相互作用, 与其各自的浓度、形态、所测定的生理生化指标和植物种类等都不无关系。因此, 研究植物体内元素之间的相互作用机理时, 要综合考虑诸有关因素。

致谢：天津市农科院提供作物种子。

### 参 考 文 献

- [1] Parizek, J. et al., *Experientia*, **23**, 142—143(1967).
- [2] Koeman, J. H. et al., *Nature*, **245**, 385—386(1973).
- [3] Ohi, G. et al., *Environmental Research*, **12**, 49—58(1976).
- [4] Geirid Fiskesjo, *Hereditas*, **91**, 169—178(1979).
- [5] Sohler, M. R. et al., *J. Biol. Chem.*, **198**, 281—291(1952).
- [6] Aebi, H., "Catalase" in "*Methods of Enzymatic Analysis*", H. U. Bergmeyer, ed., Vol. 2, 673—684, 2nd English edition, Academic Press, New York, 1974.
- [7] Vallee, B. L. et al., *Ann. Rev. Biochem.*, **41**, 91—128(1972).
- [8] Shi-hua Du et al., *Environmenyal and Experimental Botany*, **22**(4), 437—443(1982).
- [9] Stoewsand, G. S. et al., *Environ. Contam. Toxicol.*, **11**, 152—156(1974).